

2000年有珠山噴火に伴う泥流災害

その他（別言語等） のタイトル	On the Mud Flow Disaster Caused by the 2000 Eruption of Usu Volcano
著者	藤間 聡
雑誌名	室蘭工業大学紀要
巻	51
ページ	35-46
発行年	2001-11-30
URL	http://hdl.handle.net/10258/2863

2000年有珠山噴火に伴う泥流災害

藤間 聡*¹

On the Mud Flow Disaster Caused by the 2000 Eruption of Usu Volcano

Satoshi TOHMA

(論文受理日 平成13年 8 月31日)

Abstract

A large volume of pumice and ash falls was produced by volcanic activities of the Mt. Use volcano in March 2000. In order to assess the risk of mud-debris flow disaster, the team of experts for the sediment disaster has surveyed the state of volcanic pumice and ash deposits. Mud flow occurred, and flooded into the Toya spa town. The damages to houses, bridges, traffic facilities were caused by the repeated mud flows as secondarily occurring disaster. Fortunately no human lives were lost by the volcanic activities, because of precautions and other emergency adjustments. This report is a prompt one, which is to be a valuable contribution to understanding about the actual circumstances of mud flow disaster and emergency responses.

Keywords: Prompt report, Mud flow, Mud flow disaster, Emergency adjustment.

1 はじめに

有珠山は2000年3月31日13時10分頃に西山西麓で1977年以来23年振りに噴火し、活発な隆起活動を経て約1年半後の現在、マグマ活動は終焉し、金毘羅山火口群において小規模な水蒸気爆発が継続している。写真-1は2000年9月現在の噴火及び熱泥流の状況及び遊砂地新設等の防災対策の進捗状況を示す¹⁾。

この間、地盤隆起・沈降、断層の他、マグマ・水蒸気爆発により大量の火山灰が噴出し、火口付近の旧国道230号上では泥流堆積物の堆積厚は最大4.5mに達し、また、洞爺湖温泉町付近の火山灰堆積厚は最大40cm、平均8cmが観測された。一部の地域では泥流が発生して小学校舎、家屋、工場、道路、橋

梁、送電施設、水道施設などの社会基盤施設やライフ・ラインは甚大な被害を受けた。

有珠山は1977年の噴火時に、小有珠川、西山川などで大規模な泥流が発生し、死者・行方不明者3名、全半壊家屋10棟の災害が発生した。これを機会に大学や国・地方行政機関を中心とする有珠山土砂災害専門家チームが組織され、噴火に伴う泥流災害防止のための監視・観測活動、緊急的避難・救援体制の強化、住民の災害に対する自衛意識の啓発などに積極的に取り組んだ。今回の噴火においても広域的防災対策の策定、迅速な災害情報の伝達、住民避難体制の強化など行政機関と住民との強い連携により死者・行方不明等の痛ましい人的被害は生じなかった。

本報は、有珠山噴火に伴う泥流災害に関する速報であり、2000年4月2日以降発生した熱泥水、泥流による災害の実状と緊急的に講じられた防災対策について報告するものである。

*1 建設システム工学科

2 噴火直後の降灰・熱泥流の堆積分布状況

2.1 降灰状況 (2000 年 4 月 11 日現在)

降下火山灰は有珠山から北東方向に限られており、西山西麓及び金毘羅山西麓の火口付近では目視で 50cm 程度の堆積が見られ、他の地域においては 1mm 以下の堆積深であった。この降灰堆積状況から降雨による泥流の発生の可能性は低いと判断された。

2.2 泥流災害

金毘羅山火口から 4 月 5 日以降、熱泥水が継続して噴出するのが確認された。4 月 8 日の時点で、西山川 1, 2, 3 号の各砂防ダム及び 1 号床固工(貯砂量は、それぞれ $45,500\text{m}^3$, $28,800\text{m}^3$, $32,000\text{m}^3$, $1,600\text{m}^3$)はほぼ満砂状態に達した。翌 4 月 9 日に堆積熱泥流の一部が溢流し、西山川左岸地区を中心に大量に堆積した。写真-2 及び 3 は西山川左岸に在るみずうみ読書の家付近から上流部の泥流被害を撮影したものである(撮影日 2000 年 5 月 31 日)。溢流熱泥流の堆積深は洞爺湖温泉小学校付近で 1.5~2.5m であり、同小学校の一階部分の半分以上が埋没した。この熱泥流発生により国道 230 号上の木の実橋と町道に架かるこんぴら橋が流失した。写真-4 及び 5 は、いずれも流失した木の実橋の被害状況を示す。写真右側の団地は 1 階部分まで熱泥流が堆積した町営桜ヶ丘団地である。木の実橋の流失原因は未だ詳細には検討されていないが、泥流の衝撃力及びその堰上げによる浮力で始めに木の実橋が浮動し、その直下にあるこんぴら橋と共に流下したと考えられる。写真-6 は、洞爺温泉小学校と洞爺湖文化センターを結ぶ線上の西山川と小有珠川に挟まれた狭小地の土流方向の被害状況を示す。写真右端が西山川、左端が小有珠川を示す。西山川を塞ぐ形のコンクリート塊は流失したこんぴら橋の一部である。写真-7 は、みずうみ読書の家(左端)と洞爺温泉小学校の被害状況を示す。

3 泥流の発生に備えた緊急・応急対策

前回の 1977 年噴火時に、板谷川及び西山川において多量の泥流が降雨後発生し、甚大な土砂災害を被った。この経験を活かし、泥流の発生に備えて板谷川、西山川両流域に緊急・応急対策が講じられた。

3.1 板谷川の緊急・応急泥流対策

板谷川の既設遊砂地は、完成後 10 年以上経過し、土砂の堆積が進んでいたため、北海道は 2000 年 4 月から 6 月にかけて $12,000\text{m}^3$ の排土を行い、 $20,000\text{m}^3$ の泥流扞止のための容積を確保した。上流部においては、2000 年 12 月に容積 $36,000\text{m}^3$ の遊砂地が無人化施工機械により完成している。また、上流部の 4 基の砂防ダム及び中流部の蛇行部を直線化した流路工が施工中である。

3.2 西山川の緊急・応急泥流対策

西山川では、今回の火山熱泥流の発生により閉塞が生じたため、写真-8, 9 に示す有人・無人化機械により容積 $37,500\text{m}^3$ に達する流路工内外の排土が行われ、2000 年 12 月に除去を終了している。この地区の泥流対策は、地形が複雑で、かつ建造物が多いため下流左岸部の洞爺湖温泉町と金毘羅山北麓の地区に写真-10, 11 に示す大型土のう工による総延長 900m の 4 本の導流堤が施工されている。

4 噴火に伴う生産土砂量の推定

今回の噴火で有珠山周辺には多量の降下灰が堆積したため、1977 年噴火時の降下火山灰、泥流堆積物と合わせて膨大な量の火山噴出物が有珠山周辺の溪流部を中心に堆積している。今回の噴火による降下火山灰及び泥流堆積物は、噴出時からの経過時間が短く、不安定な状態で溪流に堆積しているため侵食を受け易く、降雨・融雪等による生産土砂量は噴火前後では著しく変化している。ここで、生産土砂量とは、降雨による山腹及び溪岸における新規崩壊土砂量、既往崩壊拡大見込み土砂量、既設崩壊の残土量のうち溪流に流出する土砂量と溪床に堆積している土砂のうち出水によって流出する土砂量を生産土砂量という。また、計画規模の降雨による生産土砂量のことを計画生産土砂量と呼称する。

この生産土砂量が余りに膨大である場合、緊急・応急対策として建設された遊砂地、砂防ダム及び流路工の規模では処理不可能となり、泥流災害等二次災害を発生させることになる。生産土砂量の推定、特に降雨量に応じた流出土砂量の算定は極めて困難であるが、それらを明らかにすることが今後の災害防止・軽減対策には不可欠なものとなる。

4.1 噴火降下火山灰及び泥流堆積物の概算値

噴火後の計画生産土砂量を算定するため、ここでは今回の噴火による噴出物堆積量を算定する。北海

道及び北海道開発局の合同調査チームが現地調査を行い、下記の5 渓流部において荒廃が進行していることを確認している。この渓流荒廃状況を図-1 に示す²⁾。これらの渓流部に堆積した今回の噴火による火山灰と熱泥流の総量の概算値を表-1 に示す。

前回の噴火による降下火山灰量は、表-1 の小有珠右の川を除く4 渓流流域の総計は 2,329,000m³ と見積もられている。従って、今回の噴火による降下火山灰量は前回のほぼ 1/3 となる。

表-1 2000 年噴火降下火山灰・泥流堆積物²⁾

(単位 m³)

渓流名	火山灰総量	泥流堆積物
西山川	427,000	61,000
小有珠川	57,000	1,000
小有珠右の川	4,000	0
トコタン川	5,000	0
板谷川	150,000	11,000
板谷川閉塞域*	182,000	22,000
合 計	825,000	95,000

註)*印の閉塞域とは、噴火前に板谷川流域の一部を構成していたが、噴火後の地盤隆起のため降雨が板谷川に流出しなくなった地域を言う。

4.2 噴火以前の火山灰及び泥流堆積物の概算値

有珠山周辺の渓流に堆積する火山噴出物量は上記の他、1977 年噴火時の堆積物が存在する。これらの堆積量の合計が、将来の台風・低気圧通過時の豪雨や融雪等による生産土砂になる。この節では、前節と同様に計画生産土砂量の決定に不可欠な既往崩壊残土量を算定する。

4.2.1 生産土砂量算定法の概説

生産土砂量算定に関しては、火山噴出物の分布状態、移動形式、量、変動規模等定性・定量両面から調査・解析を行わなければ、生産土砂量を的確に定めることは困難である。現行の生産土砂量法は、精度的に問題があるが、未解決の部分が多い土砂移動現象に対しては、マクロ的に算定せざるを得ないので現状である。

基本的な生産土砂量算定法は、過去の土石流災害調査から提案された次式を用いて算定している。

$$V = B \times H \times L = A \times L \quad (1)$$

ここに、 V は生産土砂量(m³)、 B は平均侵食幅(m)、 H は平均侵食深(m)、 L は侵食渓流区間(m)、 A は侵食断面面積(m²)をそれぞれ示す。ここで平均侵食深 H は既往実績から 2m を採る場合が多い。

北海道治山・砂防部や同室蘭土木現業所が用いた

生産土砂算定法をここで概説する。

① 渓流間堆積土砂量

川幅 2m 以上の渓流を大規模渓流、2m 未満を小規模渓流と分類し、各々個別に生産土砂量を算定する。

大規模渓流に関して；

$$\text{生産土砂量 } V = \text{侵食断面面積 } A \times \text{区間長 } L$$

小規模渓流に関して；

生産土砂量 $V = \text{侵食断面面積 } A \times \text{区間長 } L = 1 \text{ m}^2 \times L$
小規模渓流の侵食断面面積は、現地調査結果から $A = 1 \text{ m}^2$ とした。

② 崖錐・地滑り地

崖錐・地滑り地が渓流に接する区間で、流水の掃流力による侵食で生産される土砂量は(1)式に基づき下式で求める。

生産土砂量 $V = \text{平均侵食幅} \times \text{平均侵食深} \times \text{崖錐が渓流と接する区間長}$

ここで、平均侵食深は渓流両岸でそれぞれ 2m とする。

③ 火山灰流出土砂量

渓流部に多量に堆積した火山灰流出土砂量の算定には、堆積火山灰層を頂角 90 度の 2 等辺三角形形状のガリーが等間隔で侵食するモデルを想定し、堆積火山灰量の 50%を生産土砂量とした。

④ 山腹・溪岸崩壊

山腹崩壊は山腹の 0 次谷や谷頭部部分の表層堆積物が崩壊するもので、その崩壊土が渓流堆積物を形成し、その一部は降雨や流水により流出土砂となり、他は崩壊残土として溪床に堆積し生産土砂の供給源となる。(1)式に基づき生産土砂量を求めると、

$$\text{崩壊土砂量} = \text{崩壊面積} \times \text{平均崩壊深}$$

$$\text{崩壊残土量} = \text{残土面積} \times \text{平均残土深}$$

一般に、山腹や溪岸が崩壊すると地山が緩みほぐれることを考慮して、上記の崩壊土砂量に拡大見込み率(嵩増し率) α を乗ずる方法を採用することが多い。従って、崩壊地で生産され渓流に流出する生産土砂量は、

生産土砂量 = 崩壊土砂 $\times (1 + \alpha)$ - 崩壊残土
となる。ただし、平均崩壊深、平均残土深はいずれも現地調査から決定され、ここでは平均崩壊深を一律 2m としている。また、拡大見込み率 $\alpha = 0.3$ を想定している。この値は板谷川の拡大崩壊状態と整合している。

⑤ 外輪山斜面崩壊

外輪山の表層は未固結軽石層や泥流堆積物で構成されるため、これまで大量の崩壊土を斜面底部の溪

表-2 2000年噴火以前の生産土砂量³⁾ (単位 m³)

溪流名	溪流堆積物	崖錐・地滑	火山灰	山腹崩壊	外輪山	合 計
西山川	166,070	0	68,870	0	0	234,940
小有珠川	112,990	1,160	123,700	35,630	9,700	292,330
小有珠右の川	32,700	400	0	10,100	43,900	95,200
トコタン川	58,200	23,800	0	0	0	82,000
板谷川	同レベルの調査なし					

表-3 2000年噴火に伴う生産土砂量⁴⁾ (単位 m³)

溪流名	流域堆積量	崖錐・地滑	火山灰	山腹崩壊	外輪山	合 計
西山川	66,129	0	117,984	32,697	0	216,810
小有珠川	9,406	0	27,468	29,013	75,100	140,987
小有珠右の川	2,100	0	1,971	16,342	14,000	34,413
トコタン川	0	19,040	2,423	1,271	0	22,734
板谷川	10,816	0	56,680	51,936	0	119,432

表-4 全生産土砂量及び施設計画対象土砂量⁵⁾ (単位 m³)

溪流名	全生産土砂量	既設施設杆止量	施設計画対象土砂量
西山川	451,800	117,600	334,200
小有珠川	433,300	261,700	171,600
小有珠右の川	129,600	87,100	42,500
トコタン川	104,800	61,000	43,800
板谷川	153,700	24,300	129,400

流に供給している。斜面崩壊による生産土砂量は、②の崖錐・地滑り崩壊と同一の考えで算定した。

生産土砂量 $V = \text{平均侵食幅} \times \text{平均侵食深} \times \text{崖錐が溪流と接する区間長}$

ここで、平均侵食深は2mと想定する。

4.2.2 生産土砂量の算定値

2000年噴火以前の有珠山周辺の溪流部に堆積する火山灰や泥流堆積物の中、降雨・融雪等で流出すると考えられる生産土砂量は、北海道砂防・治水部により表-2のように算定されている³⁾。

4.3 全生産土砂量と施設計画対象土砂量

有珠山周辺の溪流には、1977年噴火を機会に多数の治山施設や砂防施設が設置され、これらの防災施設により降雨や融雪で発生する泥流災害の防止・軽減対策を講じている。生産土砂の全量または一部が防災施設で流出を阻止され、溪床等に貯留される量を杆止量(または施設効果量)と称する。今回の噴出物は膨大な量であり、現状の防災施設の処理能力を超える量であったため、それに見合う杆止容量を持つ治山・砂防等の防災施設の新設が不可欠となる。

ここで、2000年噴火以後の溪流荒廃状況を考慮して、必要杆止量である施設計画対象土砂量の算出を行う。

表-3は、表-1に示す2000年噴火降下火山灰・泥

流堆積物の全量に4.2.1で概説した生産土砂量の算定法を適用して得られた生産土砂量を示している⁴⁾。

上記の様に得られた2000年噴火に伴う生産土砂量と表-2に示す2000年噴火以前の生産土砂量とを加算することによって、現時点の有珠山周辺における全生産土砂量が算定される。こうして得られた全生産土砂量と現時点の既設治山・砂防施設による杆止量を表-4に掲げる⁵⁾。ただし、板谷川における2000年以前の生産土砂量が他の溪流と同じオーダで算定されていないため、算定値は100m³のオーダで丸めている。また、同表には、全生産土砂量と現時点の既設治山・砂防施設による杆止量との差である超過土砂量を同時に掲示している。この超過土砂量が新設の防災施設により杆止しなければならない土砂量を示す。

土砂災害防止・軽減対策のための治山・砂防施設の計画は、表-4の施設計画対象土砂量を基準として行われることになる。

5 今後の防災対策

前章で示した通り、有珠山周辺の5溪流における施設計画対象土砂量が721,500m³に達する。北海道を始めとする関係行政機関は、既に警戒区域内の泥

流対策として応急的に流路工やスリットダム・鋼製ダム内の排土を終えている。

有珠山の泥流対策に関しては、前回の噴火や雲仙岳噴火における実証に基づいた知見・知識が、今後の具体的な防災計画の策定に大いに役立つと思われる。

泥流対策の基本は次の方法である。

- ① 移動する土砂を流動開始までに安定化させる。
- ② 移動した土砂を停止させる。
- ③ 流下する土砂を無害に通過させる。

これらに対応する防災施設として、下記の工法が考えられる。

- ① 発生域におけるガリー侵食拡大防止のための谷止め工施工及び山腹工。
- ② 流下域における十分な貯砂堆積容量を有するダム工。
- ③ 流下域における侵食防止のための床固め工。
- ④ 堆積域における導流堤、流路工及び遊砂地。

特に、地形勾配が急変する谷の出口における泥流の分散や堆積は、下流部では複雑な流路をとり易く、流れを規定する導流堤と十分な断面を有する流路工が必要となる。

現在公表されている北海道の有珠山泥流対策の基本方針は、「被災施設の補修・復旧、既設施設の機能増進を検討し、超過土砂量に対しては新たな施設計画を行う。また、荒廃斜面には山腹工を、溪流荒廃地にはダム工施工による対策を基本とする。谷出口における対策は施工可能な空間が得られないことから下流部に遊砂地等を配置する。」としている⁶⁾。

上記の基本方針に基づき、地形特性、観光施設・家屋の配置状況、土砂処理空間の有無等の条件を考慮した溪流流域毎の土砂処理方針が策定されている。

今回の噴火に際して、正確な噴火予知及びそれに基づいた的確な警戒・避難体制により被害を最小限に食い止めることができた。最も重要な人命の安全が確保された今、住民の不安感の除去、社会的影響の大きい公共施設、観光施設及び個人財産の安全のため、二次的被害の発生をできる限り回避しなければならない。

このことを実現するには、土砂災害を発生させる素因と誘因の両者の関係を十分に把握し、これに対

応する的確な防災対策を追及していかなければならない。また同時に防災施設の安全度の水準に関する普遍的な住民合意形成と社会経済的制約を受ける防災投資額、災害危険地に係わる土地利用形態の変更などの問題を解決する必要がある。

6 結 び

現在、被災住民の方々が、噴火以前の生活を取り戻すため懸命な努力をされている。また関係機関により有珠山泥流危険溪流の調査が積極的に進められ、警報・避難体制の整備を含めて対策が講じられようとしている。降雨に起因する泥流災害の予測は、その発生メカニズムが完全に解明されていない現在、非常に困難であるが、砂防ダムなどの土木工学的な手法による防災対策には時間的・経済的制約があり、避難対策には災害予測の確立は必要不可欠である。

今後、蓄積されたデータを用いて災害発生時の先行降雨量、降雨強度、時間雨量、降雨継続時間等を検討し、泥流発生予測降雨量に関して研究する所存である。

謝 辞

本報告の遂行にあたっては、北海道室蘭土木現業所西尾正巳治水課長（当時）から貴重なデータの提供を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

文 献

- (1) 北海道建設部編、平成12年有珠山噴火、半年の軌跡、〔噴火活動と対策の6ヶ月〕、2000。
- (2) 北海道編、12年度有珠山土砂災害対策検討委員会資料、p.16, 2001。
- (3) 北海道編、12年度有珠山土砂災害対策検討委員会資料、p.17, 2001。
- (4) 北海道編、12年度有珠山土砂災害対策検討委員会資料、p.25, 2001。
- (5) 北海道編、12年度有珠山土砂災害対策検討委員会資料、p.27, 2001。
- (6) 北海道編、12年度有珠山土砂災害対策検討委員会資料、p.28, 2001。

2000 年有珠山噴火に伴う泥流災害

藤間 聡*

概要

有珠山は 2000 年 3 月 31 日に噴火し、大量の火山灰と軽石を噴出した。泥流災害の危険度を評価するため、土石流を専門とする調査班が組織され、火山灰堆積状況の現地観測を行った。しかし、4 月 5 日以降、泥流が連続して発生し、洞爺温泉街に堆積して家屋、橋梁、道路等社会基盤施設やライフラインに甚大な被害を与えた。この火山災害において適切な災害情報の伝達、迅速な避難など住民と行政機関との強い連携により人的被害は生じなかった。本報は有珠山噴火に伴う泥流災害に関する速報であり、泥流災害の実状と緊急防災対策について報告するものである。

キーワード：速報，泥流，泥流災害，緊急対策

*建設システム工学科

On the mud flow disaster caused by the 2000 eruption of Usu volcano

Satoshi TOHMA*

A large volume of pumice and ash falls was produced by volcanic activities of the Mt. Use volcano in March 2000. In order to assess the risk of mud-debris flow disaster, the team of experts for the sediment disaster has surveyed the state of volcanic pumice and ash deposits. Mud flow occurred, and flooded into the Toya spa town. The damages to houses, bridges, traffic facilities were caused by the repeated mud flows as secondarily occurring disaster. Fortunately no human lives were lost by the volcanic activities, because of precautions and other emergency adjustments. This report is a prompt one, which is to be a valuable contribution to understanding about the actual circumstances of mud flow disaster and emergency responses.

Keywords: Prompt report, Mud flow, Mud flow disaster, Emergency adjustment.

* Department of Civil Engineering and Architecture







写真-2 西山川左岸の泥流被害状況 北海道室蘭土木現業所撮影



写真-3 西山川左岸の泥流被害状況 北海道室蘭土木現業所撮影



写真-4 泥流により流失した木の実橋 北海道室蘭土木現業所撮影(2000年5月31日)



写真-5 泥流により流失した木の集橋 北海道室蘭土木現業所撮影(2000年5月31日)



写真-6 西山川右岸と小有珠川左岸の狭管部における泥流被害状況
北海道室蘭土木現業所撮影(2000年5月31日)



写真-7 みずうみ読書の家及び洞爺温泉小学校付近の泥流被害状況
北海道室蘭土木現業所撮影(2000年5月31日)

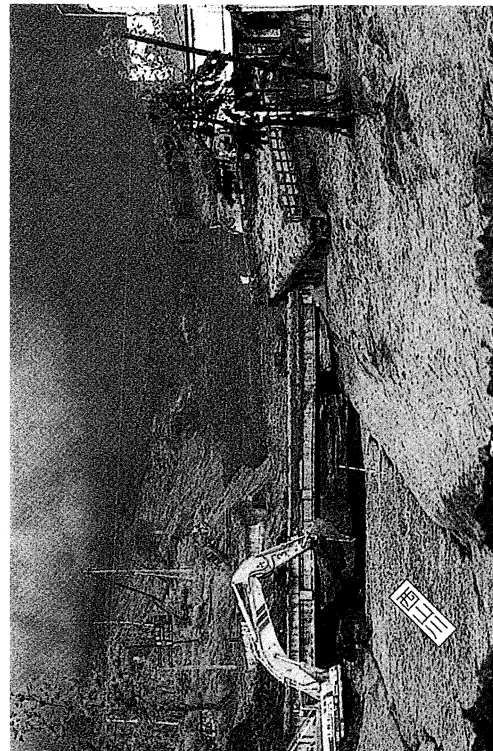


写真-8 無人化埋塞掘削 北海道建設部撮影(2000年7月14日)

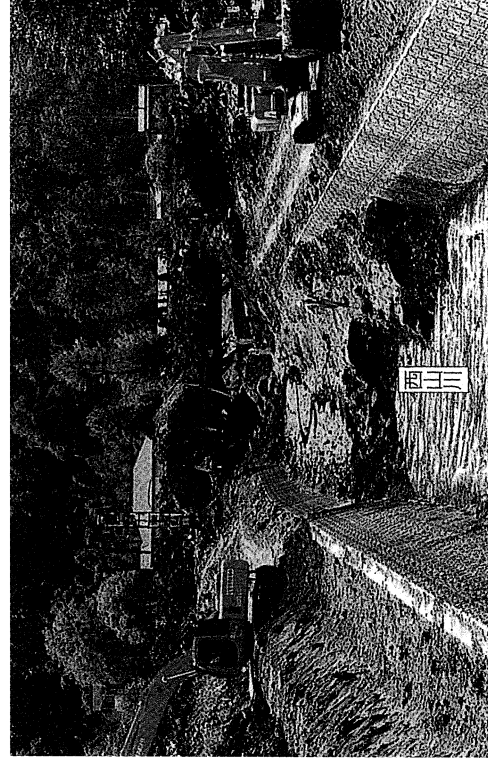


写真-9 有人化埋塞掘削 北海道建設部撮影(2000年7月11日)

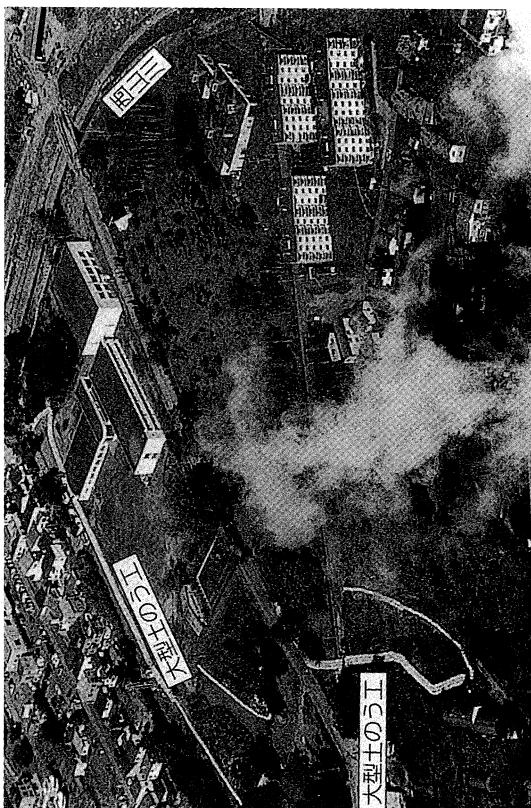


写真-10 導流堤設置状況 北海道建設部撮影(2000年7月17日)

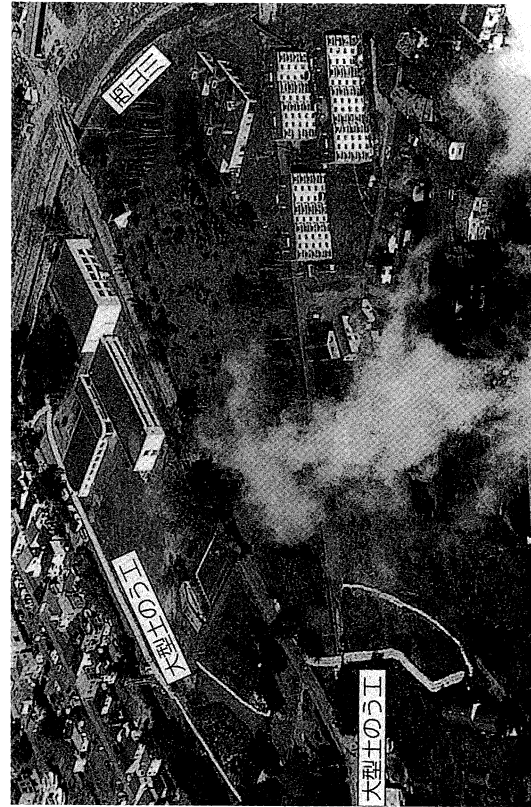


写真-11 導流堤設置状況全景 北海道建設部撮影(2000年8月27日)